

低サイクル負荷を受ける SUS316 の材料特性

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○山田 悠作
長岡工業高等専門学校 正会員 宮寄 靖大

1. はじめに

表 1 SUS316 の機械的性質および化学成分

鋼種	機械的性質			化学成分(質量%)							
	0.2%耐力 $\sigma_{0.2}$ (MPa)	引張強さ σ_t (MPa)	伸び δ (%)	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
SUS316	294	593	60	0.020	0.51	0.84	0.045	0.030	10.06	16.11	2.08

地震多発地域に位置する我が国の構造物は、巨大地震時の繰り返し負荷に伴う塑性変形挙動を把握する必要がある。その際、下負荷面モデル¹⁾は、高精度かつ高効率に挙動の再現が可能となる。本研究では、ステンレス鋼 SUS316 を対象として、下負荷面モデルを適用するための材料試験を実施した。

2. 実験方法

表 1 は、対象とするステンレス鋼 SUS316 の機械的性質および化学成分を示す。また、図 1 は、材料試験に用いる試験体形状を示す。同図の試験体は、ASTM E606/606M²⁾および ISO12106³⁾に準拠している。

表 2 は、本研究で実施した材料試験条件を示す。同表中の定応力振幅負荷試験は、表 1 に示した 0.2%耐力まで引張負荷後、荷重がゼロとなる状態の範囲を 500 サイクル行う片振りの負荷条件である。材料試験は、精密万能試験機(島津製作所製: AGX-V300kN)を用いて行い、試験機に付属のロードセルより荷重を、伸び計(島津製作所製ダイナストレイン: GL10mm)によりひずみを測定した。なお、これらの試験は、クロスヘッド変位を 0.02mm/s の速度でストローク制御により実施した。

3. 実験結果

図 2 は、定ひずみ振幅正負交番負荷試験により得られた応力ひずみ関係を示す。同図の縦軸は、材料試験により得られた荷重を試験体平行部の原断面で除した公称応力を表している。同図より、対象とした SUS316 の応力ひずみ関係は、サイクル数の進行に伴い僅かに変化することが確認できる。

図 3 は、定ひずみ振幅正負交番負荷試験により得られた、1 サイクルの応力変動幅 $\Delta\sigma$ とサイクル数の関係を示す。なお、横軸のサイクル数は、対数で表している。同図より、ひずみ振幅 3.0% の場合は、応力変動幅 $\Delta\sigma$ がサイクル数の増加に伴い増

表 2 材料試験条件

負荷条件	振幅	サイクル数
定ひずみ振幅正負交番負荷	0.5%	300
	3.0%	10
定応力振幅負荷	294MPa	500

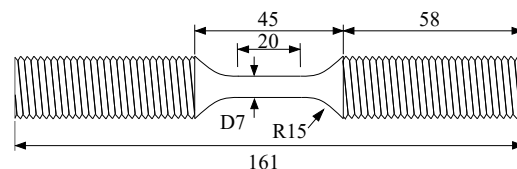
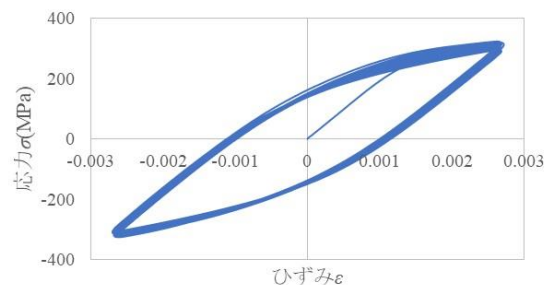
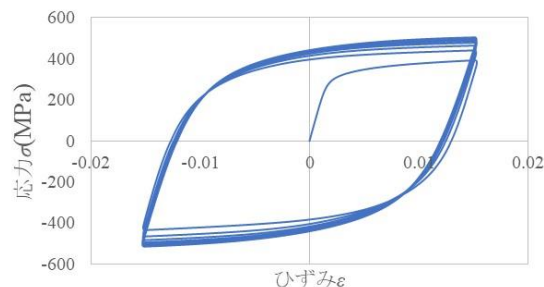


図 1 試験体形状



(a) 0.50%



(b) 3.0%

図 2 定ひずみ振幅正負交番負荷の
応力ひずみ関係

キーワード 下負荷面モデル, SUS316, 繰り返し負荷

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 番地 長岡工業高等専門学校 TEL 0258-34-9439

加し、1サイクル目に比べて10サイクル目の応力変動幅 $\Delta\sigma$ は約123%となった。また、ひずみ振幅0.5%の場合は、10サイクル付近までは応力変動幅 $\Delta\sigma$ の増加が見られ、最大で1サイクル目の応力幅の約105%となったが、それ以降は緩やかに減少し、300サイクル目の応力幅は1サイクル目の約97%となった。SUS304では、ひずみ振幅が1%以上になると繰返し硬化が明確に現れ、ひずみ振幅が約0.5%のときには、負荷サイクルを増加させても応力振幅は変化しないことが報告されている⁴⁾。本研究で対象としたSUS316においてもほぼ同様の傾向が得られた。この結果については、今後より多くのデータを検証する必要があるといえる。

図4は、定応力振幅負荷試験により得られた、応力ひずみ関係を示す。同図より、サイクル数の増加に伴いひずみ ε が進行していることが分かる。

図5は、定応力振幅負荷試験により得られた増分塑性ひずみ $\Delta\varepsilon^p$ とサイクル数の関係を示す。同図の縦軸の増分塑性ひずみ $\Delta\varepsilon^p$ は、サイクル数に伴い変化した塑性ひずみを意味する。同図より、サイクル数の増加に伴い増分塑性ひずみ $\Delta\varepsilon^p$ が大きくなり、500サイクル終了時の増分塑性ひずみ $\Delta\varepsilon^p$ は約0.076%となった。

4. まとめ

本研究で得られた成果を以下にまとめる。

- (1) 本研究で実施した定ひずみ振幅正負交番負荷試験において、サイクル数の増加に伴う1サイクルの応力変動幅は、ひずみ振幅3.0%で10サイクル終了後に約23%増加、ひずみ振幅0.5%で10サイクル付近にて約5%の増加後、300サイクル終了時に約3%減少することを明らかにした。
- (2) 本研究で実施した正側片振りの定応力振幅負荷試験において、サイクル数の増加に伴う増分塑性ひずみは、500サイクル終了時で約0.076%となった。

謝辞

本研究で実施した試験にあたっては、一般社団法人日本鋼構造協会より、材料の提供および試験体の製作を頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 橋口公一:弾塑性論の新体系-下負荷面の概念-, 土木学会論文集C, Vol.63, No.3, pp.691-710, 2007.7.
- 2) ASTM E606/E606M, Standard Test Method for Strain-Controlled Fatigue Testing, ASTM International, 2020.
- 3) ISO12106, Metallic materials —Fatigue testing—Axial-strain-controlledmethod, 2017.
- 4) Yanyao Jiang, Jixi Zhang. Benchmark experiments and characteristic cyclic plasticity deformation, *International Journal of Plasticity*, Vol. 24, pp. 1481-1515, 2008.

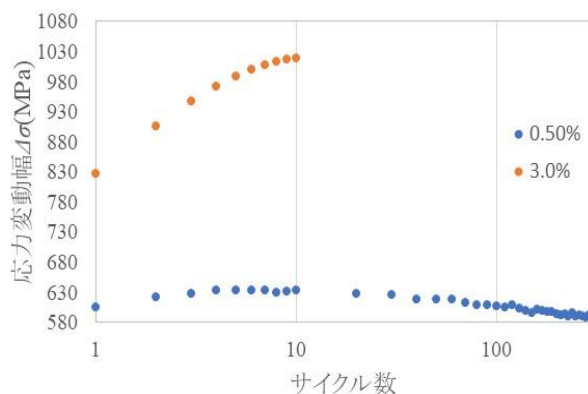


図3 応力変動幅とサイクル数の関係

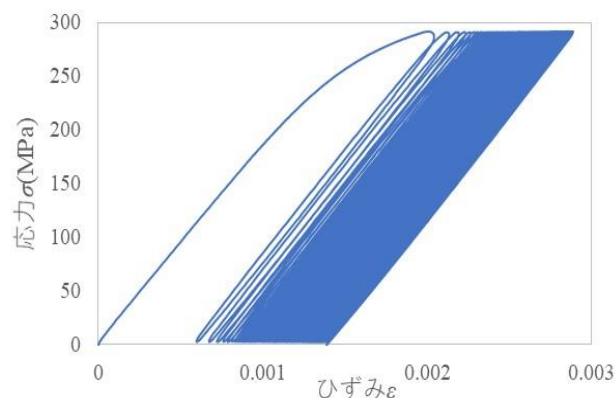


図4 定応力振幅負荷の応力ひずみ関係

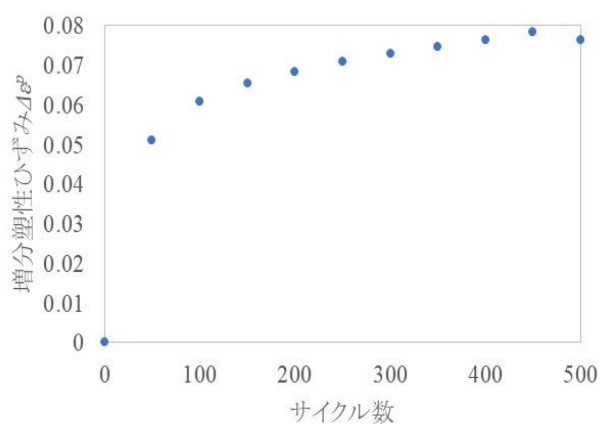


図5 増分塑性ひずみとサイクル数の関係